



APRENDIZAJE INTERDISCIPLINARIO EN ROBÓTICA: REDEFINIENDO LA EXPERIENCIA DE DUCKIETOWN CHILE

Nicolás Fredes Silva, Universidad de Chile, ngfredes@gmail.com / nicolas.fredes@ug.uchile.cl

Felipe San Martín Vásquez, Universidad de Chile, felipe.sanmartin@ug.uchile.cl

Francisco Casado Castro, Universidad de Chile, fcasado@uchile.cl

Enzo Bassano Ríos, Universidad de Chile.

Catalina Caceres Berrios, Universidad de Chile.

Valentina Castro Molina, Universidad de Chile.

Eduardo Loayza Mardones, Universidad de Chile.

Gonzalo Olave Wolff, Universidad de Chile.

Lukas Pávez Bahamondes, Universidad de Chile.

Monserrat Prado Lobs, Universidad de Chile.

José Astorga Tobar, Universidad de Chile.

RESUMEN

En el siguiente trabajo se presenta la integración y adaptación del curso Duckietown Chile, dictado por primera vez el año 2017 en la Universidad de Chile, a su formato online dado el contexto país en el cuál se vió la obligación de tomar rápida acción en las distintas instancias universitarias. Bajo esto, se presentan preliminares de Duckietown, programa open source desarrollado en el MIT el cuál se tomó como base para plantear esta experiencia, posteriormente se revisan los resultados de aprendizaje modificados por el nuevo formato, se detalla la nueva plataforma utilizada para lograr los objetivos del curso y posteriormente se mencionan los distintos resultados al realizar una comparación con las versiones anteriores del curso dictado. Se muestra entonces que la experiencia rediseñada y al mantener el formato original de una relación en una empresa ficticia con estudiantes como ingenieros trainee, a pesar de la rápida adaptabilidad y la no presencialidad, se tiene una experiencia igual e inclusive mejor que las versiones presenciales de este curso ejemplificado en las encuestas docentes y comentarios anonimizados que llegan posteriormente al Equipo Docente. Finalmente, la experiencia del estudiante toma vital importancia en entender y resumir los bloques a la nueva realidad y facilitar espacios de aprendizaje que no se contaban con el formato online, como el buen uso de la plataforma Discord y la constante comunicación entre estudiantes y Equipo Docente introduciendo nuevas formas de seguimiento como las bitácoras semanales.

PALABRAS CLAVES: Duckietown, curso online, aprendizaje basado en proyectos, robótica, vehículos autónomos.

1. INTRODUCCIÓN

En la Universidad de Chile, hay distintos departamentos que permiten converger al estudio de la robótica y STEAM en general, pero para ello se requieren de muchos requisitos que son propios de cada departamento de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Lo anterior genera un gran desincentivo a la comunidad estudiantil que terminan por acercarse tardíamente dentro de sus carreras a estas temáticas, además de requerir de experiencia práctica y materiales que permitan integrar de forma adecuada los contenidos. (*Mattamala et. al, 2017*)

El primero respecta a los requisitos propios de los departamentos: Si bien actualmente es posible para alumnos de diversas carreras tomar los cursos que son parte de otras, en general se requiere que antes se cursen todos los prerrequisitos, lo cual termina siendo un desincentivo. Por otro lado, la robótica presenta diversas dificultades a la enseñanza, no solo por su perfil enormemente interdisciplinario en la teoría, sino también por la componente práctica que exige experiencias y materiales (robots) para poner en práctica los conceptos de forma adecuada.



Para abordar esta problemática, diversos estudiantes de distintos departamentos de la facultad desarrollaron un taller de robótica interdisciplinario. Este taller está basado en la experiencia de *Autonomous Vehicles: Duckietown*¹, impartido en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) el año 2016, diseñado como un curso abierto y replicable para enseñar conceptos de autonomía. (*Ibíd*)

El taller se desarrolló como el curso de *Taller de Proyecto* de la facultad, orientado a estudiantes de segundo año de ingeniería y posteriormente forma parte en 2020 de los cursos de la nueva malla de estudiantes de plan común como *Módulo Interdisciplinario: "Duckietown: Desarrollo de Vehículo Autónomos"*. Ya con más versiones desarrolladas, alrededor de 80 estudiantes han experimentado la experiencia de este curso, siendo la última generación quién tomó el curso en modalidad completamente remota. En el presente trabajo, siendo una continuación y exposición de resultados de trabajo "*Aprendizaje interdisciplinario en robótica: La experiencia innovadora de Duckietown en Chile (Mattamala et al., 2017)*", busca exponer los principales desafíos de rediseñar tanto en la malla curricular como al formato online un curso que trabajó y desarrolló fuertemente la experiencia presencial con tal de entender que el acompañamiento activo a estudiantes en modalidad e-learning es una de las estrategias que logró mantener el alto estándar y evaluación positiva de este curso, cumpliendo además con el objetivo inicial de acercar a estudiantes de primeros años el aprendizaje en robótica.

2. PRELIMINARES: DUCKIETOWN EN EL MIT

"*Duckietown es un proyecto desarrollado en el MIT para aprender los conceptos fundamentales del problema de autonomía*". El objetivo principal del curso es entender cómo la integración de disciplinas distintas como teoría de control, visión computacional e inteligencia artificial permiten desarrollar sistemas complejos. Abarca problemas de *integración* como de *co-diseño*, entendidos como el diseño e implementación sistemas complejos a partir de subsistemas más pequeños, y la optimización del rendimiento de un sistema teniendo en consideración sus recursos, respectivamente. El curso está enfocado en estudiantes de postgrado y se asume como requisito que estos cuentan con conocimientos de programación, manejo de Linux y cursos previos de robótica. (*Mattamala et al., 2017*)

Una de las principales características de Duckietown a través de sus versiones es el *juego de roles* que ocurre en el aula, por una parte quienes son integrantes del equipo docente se presentan como trabajadores de una empresa ficticia, y los estudiantes son ingenieros en entrenamiento. Anteriormente la motivación era parte de implementar un servicio de autos autónomos para el pueblo ficticio Duckietown, hoy en día se adaptó a realizar procesos de manera remota ya que este pueblo ficticio también se vió afectado por la pandemia.

En 2018 se comenzó a desarrollar el simulador para vehículos autónomos de parte de Duckietown, *Gym-Duckietown*, que comenzó como un simulador de seguimiento de carril hasta convertirse en un simulador de conducción autónoma dónde ubica al *Duckiebot* dentro de un mapa virtual de Duckietown, es además el único sensor del *Duckiebot* su cámara (*Chevalier et al., 2018*). Se puede utilizar para entrenar, probar aprendizaje automático, entre otras actividades que permiten simular un entorno de Duckietown, con la capacidad de realizar tareas desde el seguimiento de carriles hasta la navegación completa con obstáculos dinámicos. Los desarrollos en el entorno de simulación tienen la capacidad de ser traspasados a los duckiebots e inclusive operarlos de manera remota para ver su funcionamiento.

Se destaca la reproducibilidad y difusión de este proyecto. Duckietown es planteado bajo una

¹ <http://duckietown.mit.edu>



filosofía *open source*, es decir, tanto el diseño, como los contenidos, software y especificaciones están abiertos a libre disposición para ser replicados en distintas instituciones para fomentar la enseñanza en robótica (Mattamala et al., 2017). Así es como su constante desarrollo han permitido también que el proyecto se pueda realizar de forma completamente remota.

3. DUCKIETOWN CHILE

En esta sección se ahondará en la redefinición de la experiencia del curso, que tiene el foco en mantener su esencia característica de *juego de roles*, rediseñando aprendizajes esperados.

3.1 Diseño del curso: Redefiniendo los aprendizajes esperados

Dado el cambio de malla para estudiantes de la facultad, el curso Duckietown pasó a formar parte de los curso *CD2201 Módulos Interdisciplinarios*. Cursos que cuentan con 3 SCT (sistema de crédito transferible) y está orientados a segundo año del Plan Común de Ingeniería². Siendo un curso de cuarto semestre, se parte de la base de que los estudiantes tienen conocimientos de cálculo diferencial e integral, álgebra lineal, física newtoniana y programación científica orientada a objetos, ahora bien, no cuentan con experiencia aplicada en estas materias y problemáticas de la disciplina. (Mattamala et al., 2017)

El objetivo principal del curso es introducir conceptos básicos de robótica móvil con una fuerte componente práctica. Las versiones presenciales del curso estaban orientadas en gran parte a la construcción del *Duckiebot* y el desarrollo de hardware, en la modalidad e-learning se optó por desarrollo de software en conversación con los resultados esperados del área de innovación. Los aprendizajes y resultados esperados en base se aprecian en la Tabla 1.

Tabla 1: Resultados de aprendizajes esperados - Módulos Interdisciplinarios

1. Concebir y diseñar un proyecto con criterio de innovación	Define con precisión el problema a resolver, fundamentado en la descripción compleja de la necesidad en la interpretación del usuario y de la problemática a la que pertenece. Utiliza herramientas tecnológicas para el uso eficiente de recursos Proponer ideas a nivel conceptual para solucionar el problema Materializa ideas propuestas conforme a lo planificado a través de un proceso de prototipado
2. Ser capaz de expresar de manera eficaz , clara e informada sus ideas	Lee y escucha de forma analítica diferentes tipos de textos pertinentes para su formación Redacta de manera precisa y sintética bitácoras de aprendizaje Produce exposiciones orales del proyecto y de noticias de interés relacionadas a temáticas del curso
3. Usen herramientas específicas de robótica	Integra contenidos abordados en el curso: ➤ Herramientas de Software: Comprende los términos, en qué consisten y cómo utilizar: <i>Git, Entorno Virtual, Gym-Duckietown y Collab</i> ➤ Introducción a la Visión computacional: Definición de imagen, tipos de imágenes, espacios de color, operaciones básicas, filtros convolucionales, operaciones morfológicas. ➤ Geometría y Visión 3D: Vision 3D, coordenadas homogéneas, calibración cámara, dirección líneas. ➤ Localización: Definición de localización, utilización de AprilTags para

² Disponible en <http://escuela.ingenieria.uchile.cl/pregrado/124063/mallas-curriculares>



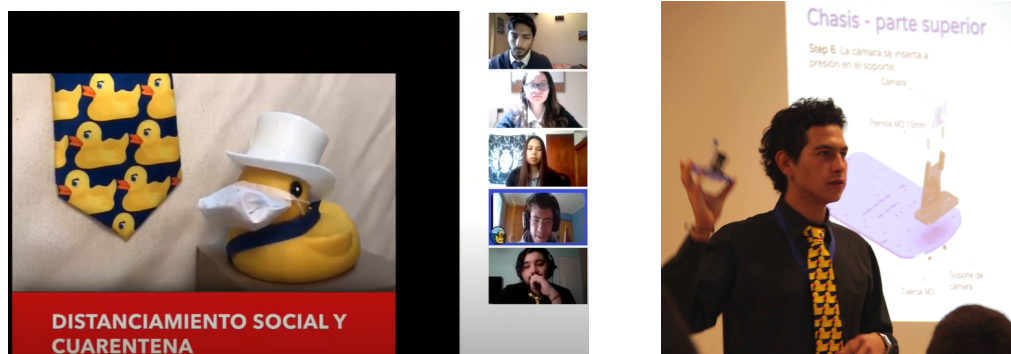
	localizarse. Niveles de autonomía (SAE, 2016). ➤ Aprendizaje de Máquinas: Introducción a Machine Learning, qué son los datos, algoritmos más populares, limitaciones e implicancias éticas.
4. Reflexionar sobre el propio actuar y sus consecuencias	Acoge y valora ideas y realidades distintas, respetando los contextos culturales y sociales con los que se vincula Determina los alcances, impactos y responsabilidades éticas del proyecto
5. Realizar actividades académicas colaborativas	Organiza tareas y plazos en el trabajo en equipo, evaluando su ejecución y la sus pares, para tomar decisiones pertinentes Mantiene interacciones respetuosas entre sus pares, logrando resolver constructivamente los conflictos que surjan Analiza críticamente su desempeño, acogiendo la retroalimentación y entregando retroalimentación constructiva del desempeño a sus pares.

Cabe destacar que las bitácoras de aprendizaje fueron un elemento transversal semana a semana del trabajo de los estudiantes y posteriormente del proyecto desarrollado. La capacidad de ir registrando aprendizajes, oportunidades de mejora e insights que al estudiante le parezcan relevantes de mencionar permitieron desarrollar un trabajo constructivo bajo la tutela de los profesores auxiliares.

4. VERSIÓN ONLINE

La empresa ficticia se mantuvo dentro del juego de roles, permitiendo la experiencia inmersiva a pesar de las clases remotas. En esta ocasión la problemática del pueblo ficticio apuntó directamente al desarrollo de actividades en teletrabajo solicitado por el alcalde³ de Duckietown ya que también se vieron afectados por la pandemia. Muchos de los elementos originales se mantienen en el formato online, en las instancias de interacciones entre el equipo docente y estudiantes se mantuvo el uso de vestimenta acorde a la empresa (corbata de patos y credencial).

Figura 2: A la izquierda: Extracto de capacitación, alcalde presenta problemática y se ve parte del personal de Duckietown en la capacitación. A la derecha: Capacitación presencial 2017.



³ Hace referencia a un pato de goma con un rol ficticio de alcalde de la comunidad de Duckietown.



4.1 Experiencia inmersiva rediseñada

Gran parte de la motivación del curso sigue siendo sobre la experiencia inmersiva que tengan los estudiantes al momento de entrar a *Duckietown Chile*, por ello se recuperan distintos puntos como lo son el uso de un lenguaje performativo, hablando siempre de “capacitaciones” en lugar “clases” y de “ingenieros trainee” en lugar de “estudiantes” (Mattamala et al., 2017). Además, se cambia la plataforma oficial (*U-Cursos*⁴, plataforma web desarrollada por el Área de Infotecnologías (ADI), es el medio de comunicación estándar en la FCFM), por **Discord**⁵, plataforma de mensajería instantánea que no requiere de instalación y se puede administrar a través de canales de texto y voz. Se tiene que a través de esta plataforma los y las estudiantes tienen mejor y mayor relación con sus tutores y se sienten más cómodos (Fonseca, 2020). Las actividades de vinculación en la empresa se mantienen (contratos ficticios, compromiso con la empresa, entre otros) y actividades corporativas, dado el contexto remoto, se opta por mantener la “noticia de la semana” la cuál consistía en una presentación de una temática actual; se discutían desde nuevas tecnologías hasta implicancias éticas y filosóficas. Entre distintos grupos de estudiantes, debían presentar su noticia en una capacitación⁶. Finalmente se daba espacio para salir del contexto de empresa para resolver inquietudes académicas de los estudiantes, dando otro formato a estos espacios para evidenciar que era una instancia diferente a las capacitaciones de la empresa.

4.2 Plataforma: Gym-Duckietown

Para la realización del curso en contexto online, se utilizó la plataforma Gym-Duckietown, el simulador de parte de Duckietown para el entorno virtual en el cual los estudiantes de manera remota pueden realizar y poner en práctica lo que se va integrando clase a clase, a través de desafíos semanales con fines de que puedan poner inmediatamente en práctica los contenidos. Las primeras clases se enfocan en poner en conocimiento que se utilizará Gym-Duckietown para la realización del curso⁷, para ello los requerimientos en necesarios son Python 3.6 o superior, OpenAI Gym, NumPy, Pyglet, PyYAML y Cloudpickle (Chevalier et al., 2018). Esta modalidad por su parte tuvo interesantes desafíos, como *generar un mapa para el simulador*, en el cuál debían agregar ciudadanos (*patitos*) en diferentes posiciones más un objeto a elección.

Figura 1: Diferentes puntos de vista de la ciudad simulada a través de Gym-Duckietown



4.2 Implementación

En esta versión, cada capacitación ocupa una sola sesión a la semana de sesenta minutos. Se complementó la sesión principal con horarios de consultas en la semana que eran optativos.

⁴ <https://www.u-cursos.cl>

⁵ <https://discord.com/>

⁶ Dado el contexto online, se enviaron en formato de videos ante posibles problemas de conexión, el equipo docente se encargó de mostrarlos en la clase y abrir la conversación con el curso.

⁷ Se comprobó que los estudiantes contaban con los requerimientos mínimos en sus computadores para el simulador, por su parte el área de innovación disponía de computadores para llevar a estudiantes en caso de ser necesario.



Las capacitaciones quedaron grabadas y disponibles para ser consultadas en cualquier momento por los *ingenieros trainees*.

La metodología del curso se divide en dos grandes partes (Fase I y Fase II) como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2: Metodología del curso (Roadmap del Programa de Entrenamiento de Duckietown Chile)

Etapa del semestre	Fase	Descripción
14 semanas de clases	Fase I: (7 semanas) Presentación y conocimientos técnicos	Presentación de la empresa, equipo, problemática y compromisos Instalación de plataforma (<i>Gym-Duckietown</i>) Nivelación de conceptos básicos asociados a la instalación Conceptos de control de robots Conceptos de percepción (visión computacional) Conceptos de localización Conceptos de aprendizaje de máquinas
	Fase II: (7 semanas) Desarrollo de proyectos	Desarrollo de una solución específica para la empresa (proyectos de corto plazo).
Periodo de exámenes	Demostración final	Preparación de un pitch para presentar desarrollos y demostrar lo realizado

La metodología de clases de Duckietown se conoce con el nombre de *capacitaciones*. Estas seguían una estructura definida, donde se desarrollaba tanto la clase de la semana como las “actividades corporativas”. Esta estructura es presentada en la Tabla 3.

Las capacitaciones están a cargo de un capacitador/a, que corresponde al profesor/a de la clase. El capacitador/a cambia dependiendo del contenido de la clase, acorde a su experiencia con los conocimientos a entregar. Además del capacitador/a, el resto del equipo también está presente en las sesiones, con el fin de tanto apoyarlo durante la clase, como también resolver dudas personalizadas durante las actividades prácticas (*Mattamala et al., 2017*). El equipo docente del semestre primavera 2020 cuenta con 11 personas, entre estudiantes de pregrado y postgrado, más el profesor de cátedra.

Los 21 estudiantes del semestre, trabajaron en tríos, y cada equipo contaba con un tutor a cargo al cual podían dirigir y canalizar sus consultas respecto a las capacitaciones o al curso en general. Cada equipo utilizó notebooks personales para desarrollar su trabajo y fueron asistidos con la instalación del software requerido.

Tabla 3: Metodología de clase (Programa de cada capacitación)

Actividad	Descripción
1. Noticia de la semana	Primera actividad de cada capacitación Presentación de una noticia (video), con posterior discusión
2. Anuncios corporativos	Avisos generales: desde el estado del roadmap hasta anuncios varios de la sesión.



3. Capacitación	Se presentan los fundamentos teóricos, intercalando actividades prácticas dependiendo del tema.
4. Cierre	Anuncios generales basados en lo observado en la sesión, repetición de anuncios corporativos
5. Horarios de consulta extra	Se disponen de dos horarios de consulta en la semana, dónde los capacitadores se encontraban conectados en Discord y en caso de que algún Ingeniero Trainee quisiera realizar una consulta, sólo debía ingresar al canal de voz.

En el desarrollo de proyectos (Fase II). los proyectos podían incluir a más de uno de los equipos inicialmente conformados (*i.e.* más de tres personas), y eran responsabilidad de un mentor/a⁸, quien debía tener los conocimientos necesarios para guiarlos.

Estos fueron planteados como desarrollos específicos de corto plazo que requería la empresa para lograr sus objetivos; para proponer las temáticas la principal consideración fue el tiempo disponible para desarrollarlos (alrededor de 5 semanas). Los proyectos⁹ desarrollados el semestre de **primavera 2020** fueron los siguientes:

- **Duckietown Robot Arm Mark II:** *Control de un brazo robótico utilizando Redes Neuronales para calcular la cinemática inversa.*
- **Reinforcement Learning para conducción autónoma:** *Crear un modelo de red neuronal con Reinforcement learning, capaz de conducir autónomamente en el simulador de Duckietown.*
- **Patimetría en Duckietown: Detectores biométricos para la seguridad ciudadana:** *Identificar criminales a través de un reconocimiento biométrico con el uso de una Red Neuronal Convolutiva.*
- **Duckie-GAN:** *Crear un simulador realista que pueda traducir las imágenes del simulador a imágenes reales.*
- **Monitoreo Web Gym-Duckietown:** *Reunir y enviar la información disponible en el simulador para poder mostrarla en tiempo real, de una manera cómoda y eficiente en la interfaz de una página web.*
- **Gym-Duckietown User Interface (DUI):** *Realizar una interfaz de usuario en Python que permite conectar elementos del simulador con interfaz, como la cámara o el control del duckiebot.*
- **AutoDrive:** *Diseñar un seguidor de líneas para implementarlo en conducción automática.*

Se pide que los proyectos sean documentados, tanto a nivel de código como de procedimientos, para su posterior replicación. Luego de la demostración final de los proyectos y sus resultados de los desarrollos en la Fase II, se realiza una demostración final a invitados externos, presentados como “inversionistas y socios de la empresa, interesados en conocer cómo se están invirtiendo los fondos”(Mattamala et al., 2017). El objetivo es dar cuenta de los

⁸ La disponibilidad de los mentores podría ser tanto en horarios extra de consulta como también en horarios previamente acordados con los equipos de trabajo, facilitando la autogestión y además aprovechando la plataforma Discord.

⁹ Se menciona el objetivo general de cada proyecto, siendo todos desarrollados en el plazo acordado con buenos resultados



desarrollos y enfrentar a los equipos a preparar una presentación en formato *pitch*. Esta demostración se llevó a cabo en la segunda semana de exámenes, a través de una jornada sincrónica a través de una plataforma de videoconferencia.

4.3 Evaluación: Midiendo el avance de los trainees

Por último, respecto a la evaluación de los alumnos en el curso, esta también se realizó en un contexto de empresa, considerándose tres categorías principales de evaluación:

a. Bitácoras y noticia. Se evaluó la constancia en las entregas de las bitácoras semanales, pensadas en insumos que permiten detectar alertas tempranas en caso de que contenidos o explicaciones no estén siendo captados por los estudiantes. Las dimensiones de la evaluación de la bitácora fueron los siguientes, basados en los resultados de aprendizajes esperados:

- **Actividades:** Relaciona las actividades de las capacitaciones con lo que menciona en su bitácora.
- **Conceptos:** Integra conceptos nuevos que se han ido observando a lo largo del curso.
- **Desafío:** En caso de que hubiera desafío (tarea), explica cómo lo desarrolla.
- **Aprendizajes:** Explica los aprendizajes que ha tenido en las capacitaciones o da muestra de ello en su relato, y si es un desafío, explica que aprendió o cuáles con sus oportunidades de mejora de cara a próximos desafíos.
- **Coherencia:** La bitácora tiene un relato coherente y presenta la información de manera ordenada y concisa.

Para la noticia semanal, se espera que se aborde: La relación con Duckietown, exista una explicación resumida que dé a entender la totalidad de la noticia, *hay una reflexión ética en torno a la noticia presentada*¹⁰ y se demuestra el trabajo en conjunto de los integrantes.

b. Aporte de Investigación y Desarrollo (I+D). Desarrollo exitoso del proyecto de la Fase II, con el código y documentación.

c. Espíritu de equipo. Coevaluación de los integrantes del equipo.

4. RESULTADOS

La realización del curso desde su primera versión en 2017 ha sido en total en cuatro semestres. A continuación en la Tabla 4 se presenta el resumen de las encuestas docentes, instrumento de evaluación aplicado en los cursos de la FCFM. Cabe destacar que desde 2019 las encuestas docentes cambiaron su medición de notas a escalas cualitativas de percepción por parte de la facultad, donde se tiene que la escala va desde 1 a 5, donde 5 es el máximo "Muy bueno".

Tabla 4: Resumen encuestas docentes y tamaño curso

Semestre	Modalidad	Evaluación ayudantes [promedio]	Cantidad de estudiantes	Cantidad de ayudantes	Exigencia del curso ¹¹ [promedio]
Otoño	Presencial	6.6	18	14	Adecuada

¹⁰ Muchos de los desarrollos actuales en tecnología deben responder a preguntas éticas, gran parte de la motivación que se les da a los ingenieros trainee es que puedan identificar estas dimensiones, ¿Qué pasa si cambio por un robot en una cadena de producción lo que hacían 10 trabajadores? ¿Cuál es el impacto?. Entre muchos otros dilemas que van surgiendo de estas instancias.

¹¹ Se refiere al tiempo dedicado a las actividades del curso, estuvieron acorde a la cantidad de créditos asignadas al curso, en este caso 3 SCT.



2017					
Otoño 2018	Presencial	6.7	20	12	Adecuada
Otoño 2019	Presencial	Muy bueno	20	11	Muy adecuada
Primavera 2020	Online	Muy bueno	21	10	Adecuada

Es importante destacar que se recoge de las oportunidades de mejora del curso, entregadas de forma anónima a través de las encuestas docentes, que la cantidad de tiempo que demanda suele ser alta, esto en particular se ha repetido en todos los semestres inclusive en la versión online, dado que, gran parte de los estudiantes se enfrentan por primera vez a temáticas de esta índole, comenzando su proceso de aprendizaje desde el “*aprender haciendo*” lo que entrega como indicador que se debe tener una mayor guía al inicio del curso, en su formato presencial para la construcción y conexión del duckiebot y en su formato online para la instalación y ejecución de Gym-Duckietown. Otro punto importante a destacar es que a pesar del cambio de modalidad, los estudiantes sintieron que la carga fue adecuada y la evaluación de los capacitadores fue sobresaliente, manteniendo la tónica de los semestres anteriores y en particular, porque a pesar del formato online, tanto el juego de roles como la constante guía se mantuvo, haciendo alusión a este formato de Ingeniero Trainee en teletrabajo o trabajo remoto.

También se debe mencionar dentro de nuevos **sistemas de evaluación y monitoreo de la docencia**, que en el semestre online, los comentarios positivos recogían los siguientes aspectos:

- “Buen juego de roles, curso sobre expectativas”
- “Misiones prácticas ayudan a entender el trasfondo de las herramientas virtuales”
- “Bitácoras para evaluar contenido fueron un acierto”
- “Curso entretenido, me saca un poco de la misma Universidad”

Sobre los aspectos a mejorar del curso se tiene:

- “Dar más actividades propuestas para quienes quieran profundizar”
- “Mostrar más código en clases o ejemplos que se usarán en los desafíos”
- “Se podría utilizar jupyter para ejecutar de manera práctica durante la clase”

En base a estos comentarios, se puede detectar que el curso en su formato online logra cumplir lo planteado como base de Duckietown, de tal manera, el uso de herramientas tecnológicas en etapas tempranas de aprendizaje para ingenieros de la facultad es un punto importante, y se puede apreciar que las capacidades de los estudiantes llevadas a desafíos con los contenidos, permiten e interesan aprendizajes más profundos.



5. CONCLUSIONES

El presente trabajo presentó la experiencia de adaptar e implementar el curso Duckietown del MIT a estudiantes de segundo año de ingeniería en la FCFM de la Universidad de Chile. Los resultados y comentarios a lo largo de los años han mostrado que la experiencia inmersiva, un formato fuera de lo común de los cursos que actualmente se desarrollan y un compromiso del equipo docente por llevar temas que parecen “muy avanzados” es posible y tienen una gran recepción de los estudiantes, lo que nos ha llevado constantemente a tener un curso con todos sus cupos utilizados, dando por tanto un proyecto exitoso y sostenible a lo largo del tiempo. Las diversas metodologías utilizadas indican que, a pesar de los nuevos formatos de enseñanza a distancia, manteniendo el carácter del curso, redefiniendo minuciosamente las expectativas de aprendizaje y las plataformas en las que se realiza el curso, tanto como Gym-Duckietown y a su vez Discord, dan muestra de que se cumple por lo expuesto en el paper anterior, dando como resultado al **replicabilidad**, entendida más allá de formatos presenciales u online.

Se debe destacar que gran parte de la experiencia en Duckietown se debe al gran compromiso de un equipo docente muy grande, teniendo en promedio un ayudante por cada dos estudiantes, lo cual permite un desarrollo óptimo y al pendiente de los y las estudiantes siendo ellos el centro del desarrollo del proyecto, además, el grupo del equipo docente está compuesto por estudiantes de distintas disciplinas enriqueciendo la experiencia y los alcances de los proyectos. Las estrategias planteadas por este curso permiten mejorar metodologías docentes, tal como lo expuesto por Fonseca (Fonseca, 2020), el uso de plataformas más actualizadas o con un público objetivo que cae dentro del grupo de estudiantes fomenta la participación y da más facilidades para el desarrollo de las temáticas que se quieren abordar, siendo primordial los horarios de consultas y las disposición del equipo docente para con los estudiantes. A su vez el nuevo sistema de evaluación de bitácoras semanales permiten hacer seguimiento entre capacitaciones, fomentando dos cosas, la mejora continua de los contenidos a exponer como también monitorear la recepción de los estudiantes de los contenidos que se ven clase a clase. Finalmente, al integrar los desarrollos del MIT continuamente en este curso open source nos permiten como equipo, seguir estando a la vanguardia en la definición de conceptos que estén disponibles.

REFERENCIAS

Chevalier-Boisvert, Maxime and Golemo, Florian and Cao, Yanjun and Mehta, Bhairav and Paull, Liam, Duckietown Environments for OpenAI Gym (2018). Github, Github Repository, [En línea] Disponible: <https://github.com/duckietown/gym-duckietown> (Acceso: 15/07/2021)

Fonseca Cacho, Jorge, "Using Discord to Improve Student Communication, Engagement, and Performance" (2020). UNLV Best Teaching Practices Expo. 95. [En línea] Disponible: https://digitalscholarship.unlv.edu/btp_expo/95 (Acceso: 19/07/2021)

Freeman, S., Eddy, S.L., McDonough, M., Smith, M.K., Okoroafor, N., Jordt, H., Wenderoth, M.P. (2014). *Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics*. Proceedings of the National Academy of Sciences 111(23) 8410–8415

Mattamala, Matías & Olave, Gonzalo & Campusano, Miguel & Gómez, Christopher & Martínez, Luz & Estefó, Pablo & Ugalde, Joaquin & Urrutia, Javier & San Martín, Felipe & Zúñiga, Pablo & Carrasco, Javier & Villar, Camila & González, Rocío. (2017). Aprendizaje Interdisciplinario en Robótica: La Innovadora Experiencia de Duckietown Chile. [En línea]

Disponible: https://www.researchgate.net/publication/320342938_Aprendizaje_Interdisciplinario_en_Robotica_La_Innovadora_Experiencia_de_Duckietown_Chile (Acceso: 05/07/2021)